

## コンピュータグラフィックスのためのインタラクティブ進化計算

轟, 祐吉  
九州芸術工科大学

恒藤, 智恵子  
九州芸術工科大学

高木, 英行  
九州芸術工科大学芸術工学部

西野, 浩明  
大分大学

他

<https://hdl.handle.net/2324/4482097>

---

出版情報 : Proceedings of Annual Conference of SOFT Kyushu Chapter. 3, pp.35-38, 2001-12-01. 日本知能情報ファジィ学会  
バージョン :  
権利関係 :

## B203

## コンピュータグラフィックスのためのインタラクティブ進化計算

九州芸術工科大学 ○藤 祐吉 恒藤智恵子 高木英行

大分大学 西野浩明 宇津宮孝一

広島国際大学 青木 研

## Interactive Evolutionary Computation for Computer Graphics

Yukichi Todoroki, Chieko Tsuneto and Hideyuki Takagi, Kyushu Institute of Design

Hiroaki Nishino and Koichi Utsunomiya, Oita University

Ken Aoki, Hiroshima International University

Abstract : We introduce three applications of Interactive Evolutionary Computation (IEC)-based computer graphics (CG). It is difficult for CG beginners or novices to realize CG objects that they want to create. The IEC-based CG design systems allow them easily create CG images and objects in their mind. The three applications introduced in this paper include fish CG creation for virtual aqualium, 3-D CG object creation for art education, and fireworks CG animation creation.

## 1 はじめに

コンピュータやインターネットの普及と共に、コンピュータグラフィックス(CG)が専門家からビジネス、さらには趣味の世界にまで広がってきている。一般のユーザからのCGをデザインしたいという要望に答え、多種多様なCGツールが利用できるようになった。しかし、3次元上のオブジェクトをモデリングしCGをデザインするには、相応の知識や経験、専門的な操作技能が必要となる。作りたい物ははっきりしているのに、刺激的なセンスを持ち合わせているのに、技術が追いつかずCGを作ることができないことが多いというのが現状であろう。

インタラクティブ進化計算(IEC)をCGデザインに応用することで、これらの問題を解決することができる。IECとは、出力されたオブジェクトに対してユーザが評価を行う、という対話的な操作によってシステムの最適化を行う技術である。CGデザインにこのIECを応用すると、ユーザはコンピュータが出力するオブジェクトの候補を評価するだけで、自分の作りたい、好みにあったオブジェクトを作ることができる。

本論文ではIECを応用したCGデザインに関する研究事例を3つ紹介する。第2節でIECのフレームワークを説明した後、第3節で、魚のCG生成にIECを応用し、自律的な行動モデルを適用することで、ユーザ参加型のバーチャル水族館システムの構築を行う。第4節では、IECによる新しい形の探索と、幾何モデラによる形状の洗練化機能を相補的に利用しながら、容易にCGモデルが作成できる造形システムを構築する。第5節では、物理モデルに基づいた花火玉デザインにおける、各オブジェクトのパラメータ最適化にIECを応用する。

## 2 インタラクティブ進化計算とCG生成

一般の進化計算では、評価関数を用意し、探索を繰り返すことによりシステムの最適化を行う。IECの場合は、その評価関数を人間の心理評価系に置き換えることにより、人間の感性を反映した最適化を行うことができる。

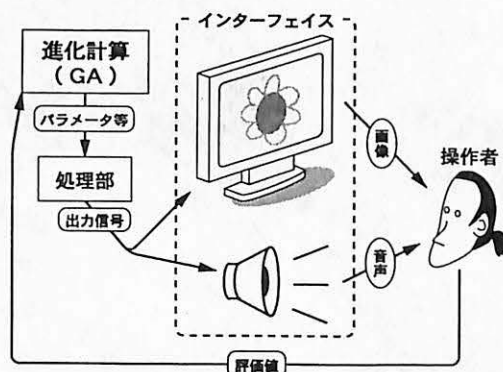


図1: 一般的なIEC

これまで、IECをCG生成に応用した研究[13, 14]に、アートの2次元CGアニメーション生成システム[11]、3次元CGのライティングデザイン支援システム[1]、インテリアデザイン支援システム[8]、シームレステクスチャ生成[16]、顔の表情生成[3]などが挙げられる。

本論文で紹介する3つの研究のシステムで用いられている進化計算は、いずれも遺伝的アルゴリズム(GA)であり、最適化の対象システムは、CGモデラとなる。GAが探索するCGモデラを基に、出力されるCGオブジェクトやアニメーションを、人間が評価し、その評価値に基づきGAがさらに探索を繰り返す。また、評価は5段階で行っている。

### 3 バーチャル水族館

本研究の目的は、ユーザ参加型バーチャル水族館システムの構築である。初心者でも利用できるように IEC を使った魚 CG 生成システム [4, 6] を作り、CG 等の知識のない人でもデザインから参加可能な、システムを構築する。

#### 3.1 対話型 CG 作成システム

##### 3.1.1 魚形状のモデリング

IEC によって CG を作る場合、対象となるオブジェクト (本研究では魚) の形状をモデリングし、パラメトリックに表現する必要がある。数値の組み合わせによって様々な形状を変えることができるようにモデリングし、そのパラメータ群を IEC が最適化する。以下に、本研究で用いているモデリング手法を説明する。

魚の形状全体をパラメトリックに表現するため、CG を形成するそれぞれのワイヤーフレームを、パラメトリックな関数で表現する。それらの関数のパラメータを調節し、得られたフレームをもとにオブジェクトの各頂点を求める (図 2 参照) [15]。

一方、ヒレの形状にはベジェ曲線を用いる。一つのヒレを表現するのに 3 つのベジェ曲線を用いる (図 2 参照)。これらベジェ曲線も、パラメトリックな関数である [15]。

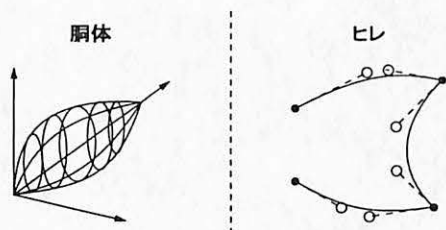


図 2: 形状モデリング

このように、オブジェクトの全ての部位を関数で表現することで、パラメトリックに形状を変える魚モデルができる。ただし、このモデリング方法であらゆる任意の形状を形成することは難しいと言える。モデリングを複雑にし、パラメータの数を増やせばある程度は可能になるだろうが、パラメータの数が増えすぎると、IEC による最適化が困難になる。本研究で行ったモデリングは、自然に存在する魚の形状を作ることのできるモデリングを目指し設計した。このモデリングだけでは、この世には存在しないような、奇抜な形状の魚オブジェクトを作ることは難しい。

##### 3.1.2 対話型 CG 作成システム

IEC 魚 CG 作成システムの概要を図 3 示す。

ユーザは、システムが出力するオブジェクトに対して評価値を与える。その値をもとに、GA がさらに評価値が高いことが期待されるオブジェクトを作るためのパラメータをつくる。そのパラメータをもとに、ま

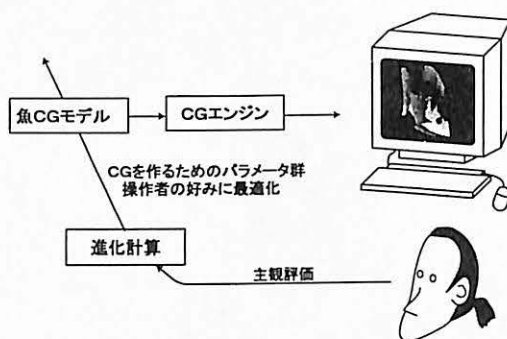


図 3: IEC 魚 CG 作成システム

たオブジェクトを生成して、ユーザが評価する。この一連の流れを一代とし繰り返すことで、徐々にユーザがイメージするオブジェクトに近づける。

#### 3.2 ユーザ参加型 VR 水族館

この対話型 CG 作成システムによって、誰でも CG のデザインが可能となる。デザインした CG オブジェクトに、自立分散的な行動モデルを応用すれば、専門的な技術者を介させずに、作った CG がバーチャル空間を泳ぎ回ることが可能となる。

さらに、この対話型システムを、インターネットを介したシステムへと発展させる予定である。これが実現されれば、VR 水族館へと足を運ぶ前に、自分の CG オブジェクトをデザインしておくことが可能となる。また将来的には、遠隔教育への応用や、遠く離れた人同士の共同作業の実現などが考えられる。

### 4 造形教育

これまで、CG モデルの制作支援を目的として、両手による直接操作型 3 次元モデラ [7]、全天周ディスプレイを用いた没入型モデラ [2]、ジェスチャによる造形法 [9] 等が提案されてきた。これらは、空間型インターフェイスの提供による造形操作の簡易化に着目したもので、新しい形の発想を支援することはできない。

一方、IEC の CG アート作品制作への応用は、抽象的なイメージや動植物形状の生成を目的としており、現実的な CG モデルの制作には適用しにくい。レンダリング、テクスチャ生成、陰影設定などの CG 制作工程にも IEC が応用されているが、いずれも汎用的な造形ツールとしての利用は難しい。

そこで、これら二つの方法を組み合わせるという手法が考えられる。関数表現による汎用 3 次元モデラを基盤として、IEC による造形支援機能を実現するのである。ユーザが試行錯誤しながら新しい形の着想に至る過程を IEC が支援するので、制作対象の完成イメージを明確にもっていなくても、システムが提示する候補モデルに適合度を付与しながら多様な CG モデルを制作できる。

#### 4.1 IEC モデリング機能の実現

このシステムの基盤となる関数型モデラは、楕円体や円柱などの複数の基本形状を組合せ、変形しながら滑らかに混合してCGモデルを作る。1つの基本形状は超2次関数で定義され、これに剪断、わん曲などの変形操作を加えながら、粘土細工のような感覚でモデルが作成できる

この関数型モデラを基盤としてIECによる造形支援機能を実現する。3次元モデルをコーディングし、進化計算の操作対象とする。システムが生成するモデル候補に対しユーザが評価を行い、進化計算がさらに評価が高いことが期待できる候補を生成する。この操作を繰り返すことで、ユーザが満足するモデルを得ることができる。

これらの関数型モデラとIECモデラを組み合わせたユーザインターフェイスを図4に示す。

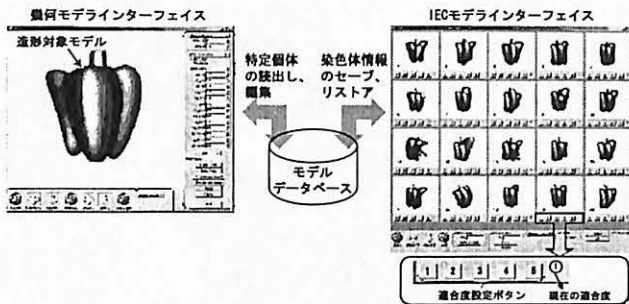


図4: 幾何モデラとIECモデラのユーザインターフェイス

幾何モデラで作成した初期形状をIECで新しい形状に進化させながら、意図する形状に収束してきた個体を幾何モデラで仕上げる。このような、「IECによる新たな形の探索と、幾何モデラによる形状の洗練化」を目的の形が完成するまで繰り返す。

両インターフェイスは、モデルデータベースを介して制作途中のCGモデルを共有する。IECで進化していくモデル群の中から、特定の形を選び、そのモデルを幾何モデラに読み込んで造形作業を行うことができる。幾何モデラでの編集のあと、同モデルをデータベースに戻し、その形をエリート個体としてIECによる進化を続けることもできる。

#### 4.2 今後の取り組み

現在、このシステムの写実性と創造性の2面を問う主観評価実験を実施して、具体的な課題に対しては幾何モデラによる手動造形が、新しい形の発想や創作にはIECによる造形支援がそれぞれ有効であることが判明した。今後は、製品の意匠設計や工芸品のデザインなどを題材として、実用化を念頭に置いたシステムの評価と改良を目指す。ジェスチャなどの入力手段を組み込んだ、より直感的なインターフェイスの提供、及びVR水族館と同様にネットワークを介した遠隔教育

への応用についても検討していく。

### 5 花火アニメーション作成支援システム

アニメーションをデザインするには、時間を管理しなくてはならない。タイムテーブルを把握しながらデザインするのは、不自然である。

花火を題材とした動的オブジェクトのモデリング手法に関する研究がある[5]。そこでは花火の動きをパターン化、視覚化し、それらを組み合わせることにより花火生成を実現している。

本研究では、IECを導入し、より感覚的に花火アニメーションを作成できるよう、取り組んでいる。IECを導入してデザインする場合、ユーザはコンピュータの提示するアニメーションを見て判断するので、より感覚的なデザインが可能となるであろう。

#### 5.1 花火の構造とそのオブジェクト化

花火の構造は、図5のようになっている。導火線に着火し空に打ち上げ、その後、割火薬に移火し、星と言われる火薬の玉を爆発と同時に飛ばす。星は独自の色、独自の動きを取りながら燃焼する。

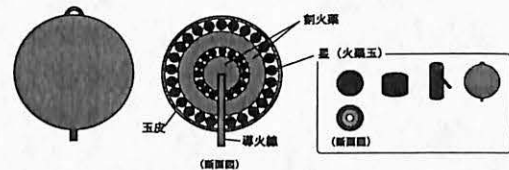


図5: 花火の構造

IECに組み込む為、オブジェクト指向を取り入れ、物理的な構造の違いからくる花火の性質ごとに、花火のモデルをオブジェクトごとに分解した。オブジェクトを組み合わせることにより、花火の性質が決定し、オブジェクトを交換することにより違う性質を持つ花火のアニメーションを作ることができる。オブジェクトとなるものは、(1)層構造、(2)星の並べ方、(3)星の種類、(4)星となる火薬の種類、等で、それぞれ多様なオブジェクトを用意する。これらの性質の違いは、アニメーション再生時であっても比較的容易に知覚できるであろう。

次に、オブジェクトごとに必要な数値をパラメトリックに定義し、各オブジェクトに付随させる。例えば、(1)の場合、層間の間隔、割火薬の量(層ごとの星の初速度に影響する)等で、(3)の場合、火薬の量(燃焼時間)、星の数等の値である。また、不規則な動きをする星のオブジェクトの場合、その動きに必要なパラメータも定義する。

これらのパラメータは、アニメーション再生時の知覚は困難であるが、花火の印象を大きく変えるものである。



どのオブジェクトを使うかが決まれば、最適化すべきパラメータ群が決定するので、IEC に組み込むことが可能となる。

## 5.2 IEC 導入システム

IEC ベースの花火アニメーション作成支援システムの一連の流れを図 6 に示す。

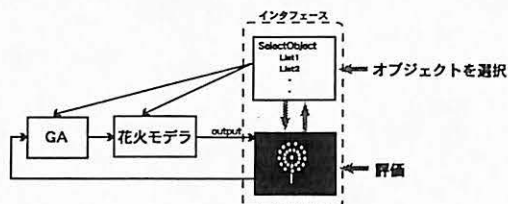


図 6: システム概要

ユーザは始めにオブジェクト群を選択し、花火の性質を決める。それにより GA で最適化すべきパラメータ群が決定、初期乱数値が与えられる。花火モデラではオブジェクト群を組み合わせ、GA から受け取ったパラメータを基に、花火アニメーションを出力する。その後は、提示される花火アニメーションにユーザが評価値を入力、パラメータの最適化 (GA)、アニメーションの再提示 (花火モデラ)、を繰り返し、ユーザ好みの花火アニメーションを作成していく。このシステムは現在制作中であり、今後そのシステムを評価していく。また、オブジェクト選択の手間を省く為、オブジェクトの選択を GA に組み込む研究も試みられている。

## 6 まとめ

本論文では、IEC を CG デザインに応用する研究の最近の取り組みについて述べた。今後の課題としてインターネットを介して利用できるようにし、場所や人を問わず、多様な目的に添った開発を提案していきたい。

## 謝辞

本研究の一部は、(財)九州産業技術センター産業 R&D 推進助成金による。

## 参考文献

[1] 青木研, 高木英行: “対話型 GA による 3 次元 CG ライティングデザイン支援,” 電気情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J81-D II No.7 pp.1601-1608 (1997)  
 [2] 橋本直己, 中嶋正之: “CAVE における直観的操作手法と動的自由度制御を用いた 3 次元形状モデラ,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.4, No.3, pp.487-494 (1999)  
 [3] I. S. Lim: “Evolving facial expression,” IEEE Int. Conf. on Evolutionary Computation(ICEC'95), Parth, WA, Australia, Vol.2, pp.515-520, (1995)

[4] 岩崎勤, 木村明大, 轟祐吉, 広瀬勇一郎, 高木英行, 竹田仰: “ユーザ参加型バーチャル水族館 (第 1 報),” 日本バーチャルリアリティ学会第 5 回大会, pp.141-144 (2000)  
 [5] 栢田泰行, 西野浩明, 凍田和美, 宇津宮孝一: “動的な自然現象オブジェクトの対話型モデリング手法 - 打上げ花火開発支援システムを題材として -,” マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, pp.43-48 (1999)  
 [6] 木村明大, 岩崎勤, 北島律之, 高木英行, 竹田仰: “インタラクティブ進化計算による魚形成ソフトの開発,” 電気関係学会九州支部連合会大会, 福岡, p.525 (2000)  
 [7] Kiyokawa, K., Takemura, H., Katayama, T., Iwasa, H., and Yokoya, N.: “VLEGO: A Simple Two-handed Modeling Environment Based on Toy Blocks,” Proc. of ACMVRST'96, pp.27-34 (1996)  
 [8] 是永基樹, 萩原将文: “対話型進化計算によるインタレイアウト支援システム,” 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.11, pp.3152-3160 (2000)  
 [9] 西野浩明, 凍田和美, 宇津宮孝一: “両手ジェスチャで変形可能な 3 次元形状表現法,” 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.2, pp.698-701 (1999)  
 [10] Poli, R. and Cagnoni, S.: “Genetic programming with user-driven selection: experiments on the evolution of algorithms for image enhancement,” 2nd Annual Conf. on Genetic Programming, pp.269-277 (1997)  
 [11] Sims, K.: “Interactive evolution of equations for procedural models,” The Visual Computer, vol.9, pp.466-476 (1993)  
 [12] 田口善弘, 三井秀樹, 高木英行: “複雑性のキーワード,” 共立出版株式会社, (2000)  
 [13] Takagi, H.: “Interactive Evolutionary Computation: Fusion of the Capabilities of EC Optimization and Human Evaluation,” Proceeding of the IEEE, Vol.89, No.9, pp.1275-1296 (2000)  
 [14] 高木英行, 畝見達夫, 寺野隆: “対話型進化計算法の研究動向,” 人工知能学会誌, vol.13, no.5, pp.692-703 (1998)  
 [15] 高木英行, 轟 祐吉: “対話的な魚 CG 生成と魚の自立分散的な行動モデルに関する研究,” 第 6 回日本バーチャルリアリティ学会全国大会, 長崎, pp.271-272 (2001)  
 [16] Ursem, R. K.: “Multinational GAs: Multimodal Optimization Techniques in Dynamic Environments,” GECCO-2000, pp.19-26 (2000)